

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

02611895 \*\*Image available\*\*  
DISTRIBUTED FEEDBACK TYPE SEMICONDUCTOR LASER

Pub. No.: 63-228795 [JP 63228795 A]

Published: September 22, 1988

Inventor: KUWAMURA YUJI

Applicant: NEC CORP [000423] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

Application No.: 62-063403 [JP 8763403]

Filed: March 18, 1987 (19870318)

INTL CLASS: International Class: 4 ] H01S-003/18

JAPIO Class: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 44.2 (COMMUNICATION -- Transmission Systems)

JAPIO Keyword: R002 (LASERS); R095 (ELECTRONIC MATERIALS -- Semiconductor Mixed Crystals)

Journal: Section: E, Section No. 706, Vol. 13, No. 26, Pg. 69, January 20, 1989 (19890120)

#### ABSTRACT

PURPOSE: To reduce the noise induced by the returning light and to prevent the increase of the threshold current by adding a Bragg reflector, constructing the Bragg reflection region only with an optical guide layer, and providing a current constriction layer.

CONSTITUTION: On a semiconductor substrate 1, an active layer 8 and diffraction gratings 5-2, 5-3 of a phase obtained by reversal of a center 5-1 are formed, there are provided a laser emission region formed of an active layer 8 and an optical guide layer 6, and a first and second Bragg reflection regions having the diffraction gratings 5-2, 5-3, the optical guide layer 6 and a current constriction layer 11 adjacently to both ends, and antireflection films 4-1, 4-2 are formed on both end faces of this region. With this constitution, part of the light returning from the Bragg reflection regions is reflected, the electric field strength in the laser emission section increases, and the noise induced by the returning light is reduced, thereby obtaining a  $\lambda/4$  shift type, distributed feedback type semiconductor laser having a small threshold current.

02611895 \*\*Image available\*\*

**DISTRIBUTED FEEDBACK TYPE SEMICONDUCTOR LASER**

Pub. No.: 63-228795 [JP 63228795 A ]

Published: September 22, 1988 (19880922)

Inventor: KUWAMURA YUJI

Applicant: NEC CORP [000423] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

Application No.: 62-063403 [JP 8763403]

Filed: March 18, 1987 (19870318)

INTL CLASS: International Class: 4 ] H01S-003/18

JAPIO Class: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 44.2 (COMMUNICATION -- Transmission Systems)

JAPIO Keyword: R002 (LASERS); R095 (ELECTRONIC MATERIALS -- Semiconductor Mixed Crystals)

Journal: Section: E, Section No. 706, Vol. 13, No. 26, Pg. 69, January 20, 1989 (19890120)

**ABSTRACT**

**PURPOSE:** To reduce the noise induced by the returning light and to prevent the increase of the threshold current by adding a Bragg reflector, constructing the Bragg reflection region only with an optical guide layer, and providing a current constriction layer.

**CONSTITUTION:** On a semiconductor substrate 1, an active layer 8 and diffraction gratings 5-2, 5-3 of a phase obtained by reversal of a center 5-1 are formed, there are provided a laser emission region formed of an active layer 8 and an optical guide layer 6, and a first and second Bragg reflection regions having the diffraction gratings 5-2, 5-3, the optical guide layer 6 and a current constriction layer 11 adjacently to both ends, and antireflection films 4-1, 4-2 are formed on both end faces of this region. With this constitution, part of the light returning from the Bragg reflection regions is reflected, the electric field strength in the laser emission section increases, and the noise induced by the returning light is reduced, thereby obtaining a  $\lambda/4$  shift type, distributed feedback type semiconductor laser having a small threshold current.

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-228795

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)9月22日

H 01 S 3/18

7377-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 分布帰還型半導体レーザ

⑯ 特 願 昭62-63403

⑰ 出 願 昭62(1987)3月18日

⑱ 発 明 者 桑 村 有 司 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 本 庄 伸 介

明 細 書

1. 発明の名称

分布帰還型半導体レーザ

2. 特許請求の範囲

半導体基板上に少なくとも活性層と、この活性層よりも禁制帯幅が大きくかつ一方の面に一部位相が反転した回折格子を形成した光ガイド層とを有する $\lambda/4$ シフト型分布帰還型半導体レーザにおいて：

共振軸方向においてほぼ中央に前記反転した位相の回折格子を有し、前記活性層と前記光ガイド層を少なくとも有するレーザ発光領域と；

このレーザ発光領域の前記共振軸方向の両端に隣接して設けられた領域であって、前記レーザ発光領域の前記回折格子に前記両端で位相が一致し連続した回折格子と前記光ガイド層と電流狭窄層とをそれぞれ有する第1及び第2のブラッグ反射領域と；

これら第1及び第2のブラッグ反射領域の前記レーザ発光領域と接していない方の端面にそれぞれ形成された無反射膜とを含んでなることを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、光通信システムの光源として好適な分布帰還型半導体レーザに関する。

(従来の技術)

素子内部に形成した回折格子による波長選択機構を有する分布帰還型(DFB)や分布反射型(DBR)レーザは高速変調時にも安定な単一軸モード発振を示し、光通信システムにおける伝送帯域及び伝送距離を大きくとることができることから、光通信用光源として活発な研究、開発が進められている。しかし、これらの半導体レーザの実用化を計るには、安定な単一軸モード発振する素子を歩留りよく得ることが重要な課題となってくる。この条件をみたすため、素子の共振器軸方

向のほぼ中心でレーザ発振波長（結晶内部での波長） $\lambda$ の $1/4$ だけ回折格子の位相をずらし、レーザ光出射端面を無反射にした両端面無反射 $\lambda/4$ シフト型DFBレーザが提案されている。

この $\lambda/4$ シフト型DFBレーザで高歩留りを得るには、両端面無反射（1%以下）にすることが特に重要なポイントである。

（発明が解決しようとする問題点）

しかし、 $\lambda/4$ シフト型DFBレーザにおいては、歩留りをよくするためにレーザ光出射面（2面あり）での光の反射率を0としている。これは、ファブリペローモードを抑制することやレーザ光出射面により反射される光の位相と $\lambda/4$ シフト回折格子により発生している定在波との位相が一致しないために発生する内部定在波の擾乱を抑制するためである。以上のように $\lambda/4$ シフト型DFBレーザにおいて単一軸モード歩留りの向上をはかるためには、光出射面を無反射にする必要がある。

このような光出射面が無反射である半導体レー

（2面ある）で回折格子の位相が一致したブラッグ反射領域を有する分布帰還型半導体レーザが提案されている。このブラッグ反射領域の効果については後に作用の項で詳細に述べるが、第4図のレーザにおいてはブラッグ反射領域に活性層が付加された構造となり、ブラッグ反射領域での光吸収損失が大きくなりしきい値の増加をまねいてしまう。そこで実施例1ではブラッグ反射領域に電流注入する形で、実施例2ではp型ドーパントのバンドシェリンケージを利用して禁制帯幅を制御した構造を採用している。しかし、前者では多電極構造となるから、レーザ使用時の電流注入の複雑化をまねき、後者の構造では光吸収損失の低減が不十分だから、しきい値電流の増加はまねがれないという問題があった。

（問題点を解決するための手段）

前述の問題点を解決するために本発明が提供する手段は：半導体基板上に少なくとも活性層と、この活性層よりも禁制帯幅が大きくかつ一方の面に一部位相が反転した回折格子を形成した光ガイ

ザを光通信システム用光源として使用する場合、レーザ光を光ファイバ内に導入するための光学系や、光ファイバ接続面などからの反射光が、レーザ共振器内にフィードバックされる。このような戻り光があると、戻り光量が極めてわずかであってもレーザ動作は大きな擾乱を受け、発振光のスペクトル変化や出力強度雑音の増大などレーザ発振が不安定になり、光通信システムに大きな影響をあたえることが知られている。そこで通常レーザ出力面から光ファイバ端面の間にアイソレータを用い、レーザ発振の不安定を防ぐことが常識であった。

数G bit/sの高速変調システムにおいて受信感度のパワーペナルティを十分抑えるためには、反射戻り光雑音を極力低減する必要がある。ところが、レーザ光出射面を無反射にすると戻り光がレーザ共振器内部に戻りやすくなり、戻り光誘起雑音の増大をまねいてしまう。

そこで特願昭61-208186号では、第4図で示すような $\lambda/4$ シフト型DFBレーザの光出射面

ド層とを有する $\lambda/4$ シフト型分布帰還型半導体レーザであって：共振軸方向においてほぼ中央に前記反転した位相の回折格子を有し、前記活性層と前記光ガイド層を少なくとも有するレーザ発光領域と；このレーザ発光領域の前記共振軸方向の両端に隣接して設けられた領域であって、前記レーザ発光領域の前記回折格子に前記両端で位相が一致し連続した回折格子と前記光ガイド層と電流狭窄層とをそれぞれ有する第1及び第2のブラッグ反射領域と；これら第1及び第2のブラッグ反射領域の前記レーザ発光領域と接していない方の端面にそれぞれ形成された無反射膜とを含んでなることを特徴とする。

（作用）

半導体レーザの共振器に光がフィードバックされた時に生じるレーザ特性の変化はきわめて多様であるが、実用的には、戻り光の有無に伴う出力強度やスペクトルの変化、出力中の雑音の増大あるいは減少、さらには変調時の出力強度の応答特性などが特に問題となる。ここでは戻り光がレー

ザに与える影響で重要である戻り光の位相ゆらぎに起因する強度雑音に着目してブラッグ反射器の作用についてまず述べる。一般にDFBレーザの反射光の影響は、等価なファブリペロー共振器を用いて解析することができる。このとき等価反射率を構造パラメータとして取り扱えば外部の屈折率、反射点までの距離あるいは発振波長の変動により生じる反射光の位相ゆらぎに起因する強度雑音をレーザの出力強度 $S$ を標準偏差によって表わすと

$$\frac{\langle \Delta S^2 \rangle^{1/2}}{S} = \frac{2\tau_p (1 - R_{\text{eff}}) r_f}{t_r \sqrt{R_{\text{eff}}} (I/I_{\text{th}} - 1)}$$

$$\langle \Delta (\cos(\theta))^2 \rangle^{1/2} \dots\dots (1)$$

となる。

ここで $\tau_p$ ：光子寿命， $t_r$ ：共振器を光が一周する時間， $r_f$ ：外部反射点での電界反射率， $I$ ：注入電流， $I_{\text{th}}$ ：しきい値電流， $\theta$ ：戻り光の位相， $R_{\text{eff}}$ ：レーザ光出力面での等価反射率である。(1)式から戻り光の影響を低減するに

のキャリア注入を防ぐための電流狭窄層がもうけられている(フリーキャリア吸収)から光吸収係数を小さくすることができ、レーザのしきい値電流をおさえることができる。このため、ブラッグ反射領域を設けたことに起因するしきい値電流の増加を防ぐことが可能となる。

(実施例)

次に本発明の実施例について図面を参照して説明する。

第1図(a)は本発明の一実施例の断面図(断面は共振器軸を通り基板主平面に垂直な面にある)、第1図(b)は本図(a)のX-X'線断面図、第1図(c)は本図(a)のY-Y'線断面図である。第2図(a)～(c)はその実施例の製造方法を説明するために、各工程において形成される半導体チップを工程順に配置して示す断面図(断面は第1図(a)と同じ位置にある)である。

本実施例の製造においては、まず第2図(a)に示すようにn-InPからなる半導体基板5上

は、

①レーザ光出力面での等価反射率 $R_{\text{eff}}$ を大きくする

②レーザ使用時の電流 $I$ を大きくとる

ことなどが有効である。ところが、②の条件はレーザの変調時のバイアス電流を大きくしなければならず、消光比が低下することから実用的とはいえない。そこで①の条件、即ち $R_{\text{eff}}$ を大きくすることが有効となってくる。レーザ出射光端面での光の反射がなく実効的に $R_{\text{eff}}$ を大きくする方法としてはブラッグ反射器が考えられる。

第3図は同じ結合係数 $KL$ における等価屈折率 $R_{\text{eff}}$ をDFB-LDとDBR-LDで比較した例である。この結果からすると $R_{\text{eff}}$ を増加するにはブラッグ反射器を使用する方が有効であることがわかる。そこで本発明では分布帰還型レーザにブラッグ反射器を付加することにより戻り光誘起現象をおさえる構造を採用している。

また、本発明のブラッグ反射領域は、活性層がなく光ガイド層のみであることや、光ガイド層へ

に一部位相が反転した5-1を有する $\lambda/4$ シフト型回折格子となる周期的凹凸5-2、5-3を形成する。次に、周期的凹凸5-2、5-3が形成された半導体基板5上にn-InGaAsPからなる光ガイド層6、n-InPからなる選択エッチングストップ層7、ノンドープInGaAsPからなる活性層8、p-InPからなるクラッド層9を順次積層した二重ヘテロ接合結晶を成長する。次に、二重チャンネルメサ構造を形成するためのメサエッチングを行なう(図示していない)。その後、第2図(b)に示すように形成した二重チャンネルメサ構造のメサ部の一領域(第1及び第2ブラッグ反射領域となる部分)p-InP 14を例えば塩酸+リン酸液により取り除き、つづいて、ノンドープInGaAsP 15を例えば硫酸+過酸化水素+水液により取り除く。次に第2図(c)に示すようにp-InP層10、n-InPからなる電流狭窄層11、p-InP層12、n-InGaAsPからなるオーミックコンタクト層13を順次積層する埋め込み結晶成長を行



なう。この時の結晶成長を液リウ結晶成長法により埋め込み結晶成長を行なうとメサ部のp-InPクラッド層9及び活性層8を取り除いていないレーザ発光領域1と取り除いた第1及び第2のブラッグ反射領域2、3ではそれぞれ第1図(b)、(c)に示したように異なった形に埋め込まれる。これにより第1及び第2のブラッグ反射領域のメサ部上部には電流狭窄層が形成される。次にレーザ発光領域上部n-InGaAsPにZn拡散16を行なう。

その後、p側オーミック電極17、n側オーミック電極18を形成し、5-1の回折格子位相シフト部が共振器方向のほぼ中央となるようにへき開などで半導体レーザチップとしその光出射面に無反射コーティング膜4-1、4-2を形成する。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明によれば、ブラッグ反射領域から戻り光の一部が反射されることやレーザ発光部での電界強度が増加することにより、従来型の $\lambda/4$ シフト分布帰還型半導体レーザよ

りも戻り光誘起雑音が少なく、しかも従来型とほぼ同程度の確率で単一軸モード発振し、しきい値電流も小さな半導体レーザが得られる。

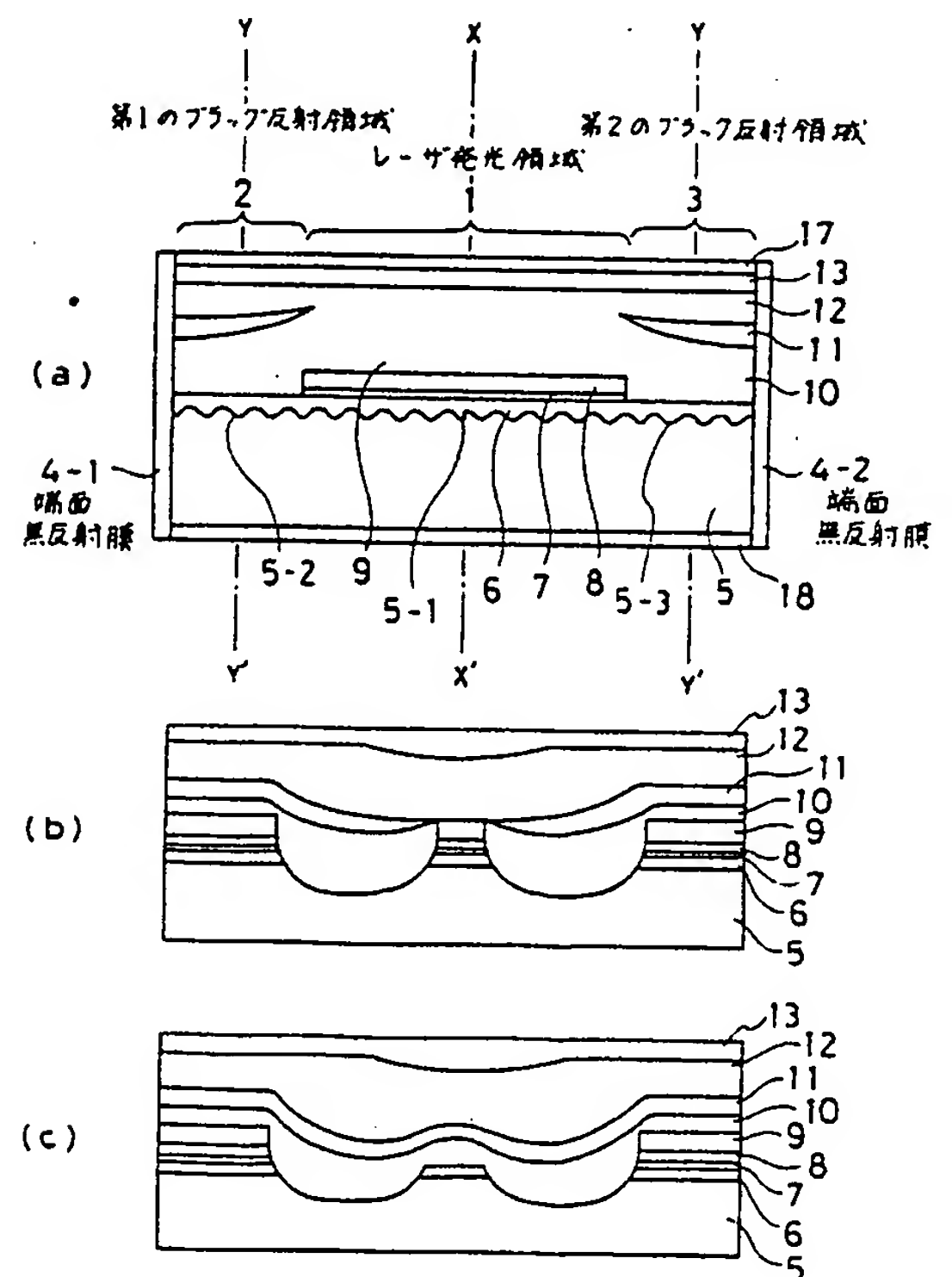
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(a)は本発明の一実施例の断面図、第1図(b)は第1図(a)のX-X'線断面図、第1図(c)は第1図(a)のY-Y'線断面図、第2図(a)～(c)は第1図実施例の製造方法の各工程において形成される半導体チップを工程順に示す断面図、第3図は同じ結合係数KLの回折格子をDFBとして用いたときとDBRとして用いたときとの等価反射率 $R_{eff}$ を比較して示す図、第4図は従来のブラッグ反射領域付 $\lambda/4$ シフト型分布帰還レーザの構造図である。

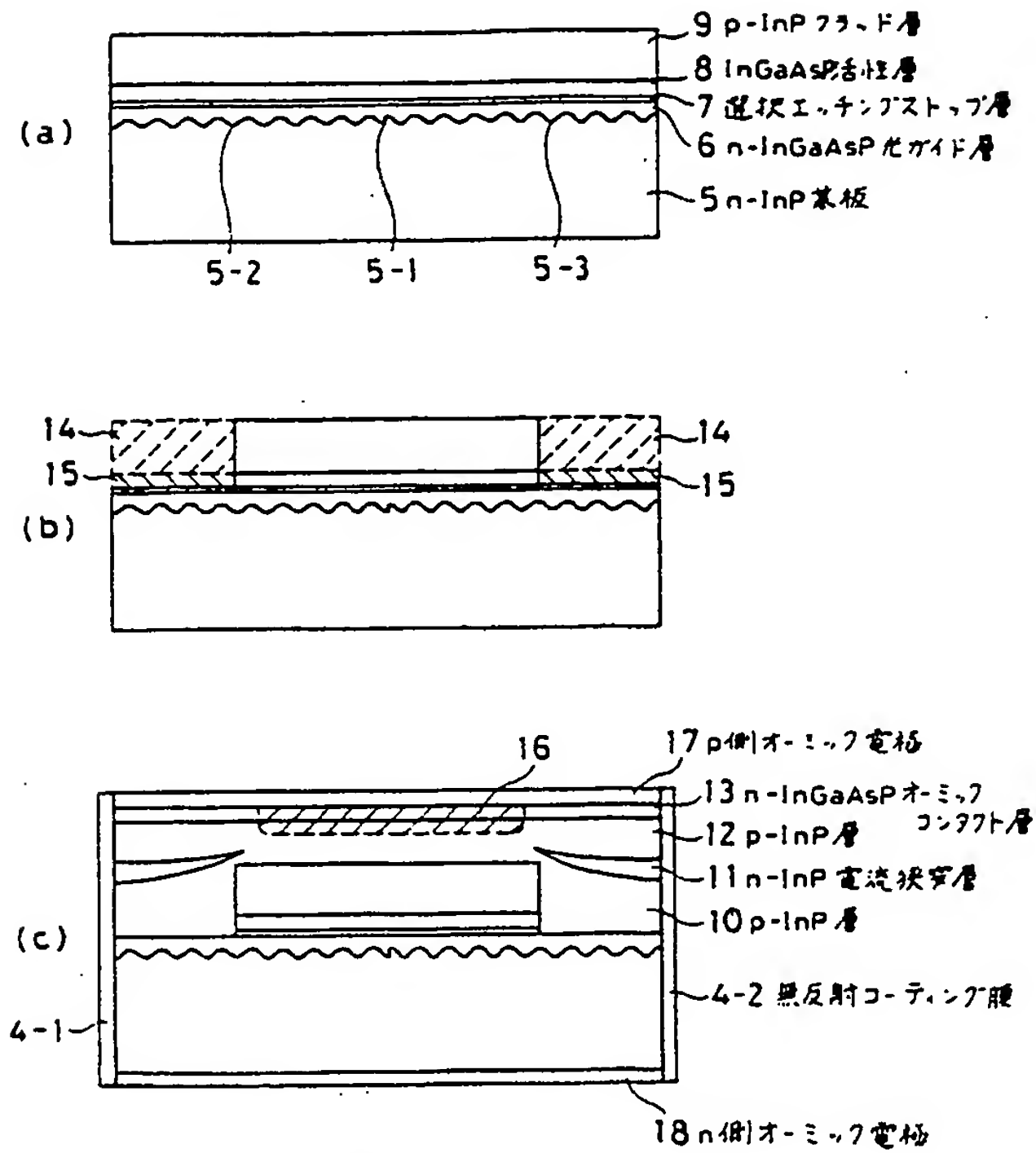
1…レーザ発光領域、2…第1のブラッグ反射領域、3…第2のブラッグ反射領域、4、4-1、4-2…端面無反射膜、5-1… $\lambda/4$ シフト型回折格子、5-2、5-3…回折格子、6…n-InGaAsP光ガイド層、7…n-InP層、

8…ノンドープInGaAsP活性層、9…p-InPクラッド層、10…p-InP第1埋め込み層、11…n-InP電流ブロック層、12…p-InP層、13…n-InGaAsP層、14…エッチングされるp-InP領域、15…エッチングされるInGaAsP活性層領域、16…Zn拡散領域、17…p側オーミック電極、18…n側オーミック電極。

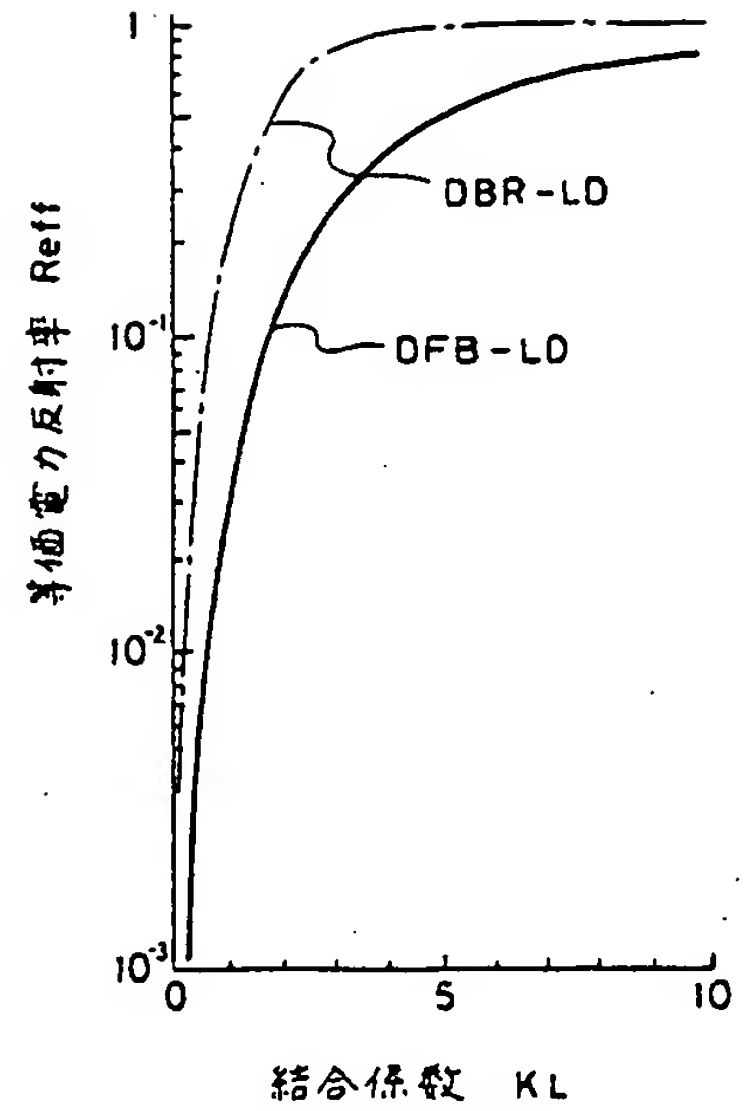
代理人 井理士 本庄伸介



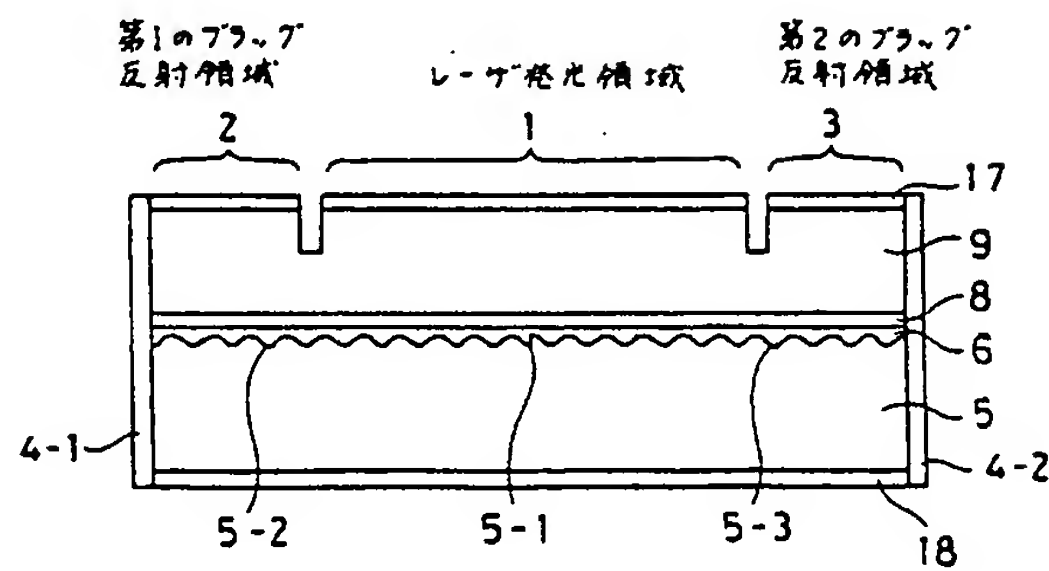
第1図



第 2 図



第 3 図



第 4 図